

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-152894

(43)公開日 平成8年(1996)6月11日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 0 K 15/04	3 0 4 J			
F 0 1 N 1/00	A			
G 1 0 H 7/08				

G 1 0 H 7/ 00 5 3 1

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平6-314272

(22)出願日 平成6年(1994)11月25日

(71)出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72)発明者 国本 利文

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

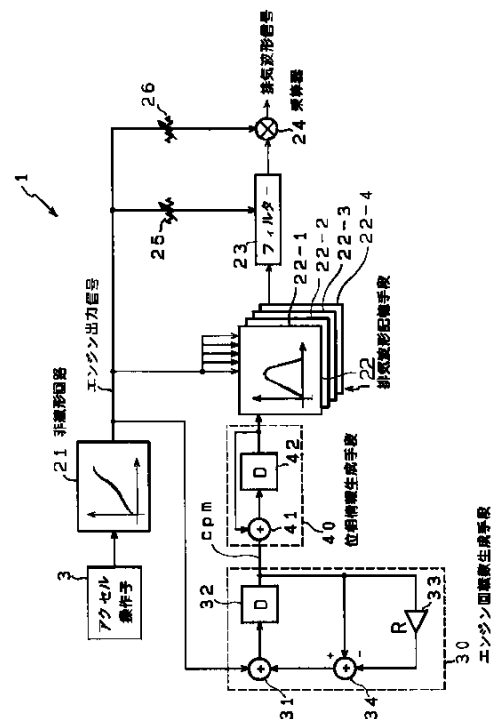
(74)代理人 弁理士 浅見 保男 (外1名)

(54)【発明の名称】 エンジン排気音の合成装置

(57)【要約】

【目 的】 アクセルの操作量やエンジン回転数に応じた臨場感の高められたエンジン排気音の合成装置を提供すること。

【構 成】 アクセル操作子の操作量は、非線形回路21のテーブルに基づいて、エンジン出力信号に変換されて、エンジン回転数生成手段30、排気波形記憶手段22に供給される。エンジン回転数生成手段30はエンジン出力信号を遅延させてエンジン回転数信号を生成し、排気波形記憶手段22に供給する。位相情報生成手段40により排気波形記憶手段22からエンジン回転数信号に対応した周期で読み出された排気波形信号が、排気管をシミュレートする排気管回路に供給されてエンジン排気音が合成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジン出力をシュミレートする特性を有し、アクセル操作子の操作量に対応したエンジン出力信号を出力する信号発生手段と、

該信号発生手段より出力される前記エンジン出力信号を少なくとも遅延処理することによりエンジン回転数信号を生成するエンジン回転数生成手段と、
前記エンジン回転数生成手段から出力されるエンジン回転数信号に対応した周期で、所定の排気波形信号を発生する波形発生手段と、

排気管をシミュレートする少なくとも遅延ループを有する排気管回路を備え、前記再生された排気波形信号を前記排気管回路に供給し、前記排気管回路からエンジン排気音を出力することを特徴とするエンジン排気音の合成装置。

【請求項2】 前記信号発生手段は、前記アクセル操作子の操作量に対応したエンジン出力信号に変換する非線形特性を持つ変換手段を含むことを特徴とする請求項1記載のエンジン排気音の合成装置。

【請求項3】 前記エンジン回転数生成手段は、前記エンジン出力信号をフィルタ処理することにより、前記エンジン回転数信号を得ることを特徴とする請求項1記載のエンジン排気音の合成装置。

【請求項4】 前記波形発生手段は、所定の排気波形に対応した波形データを記憶した波形記憶手段を含み、該波形データを読み出すことによって前記排気波形を発生することを特徴とする請求項1記載のエンジン排気音の合成装置。

【請求項5】 前記エンジン回転数信号に基づいて位相信号を発生する位相発生手段をさらに備え、該位相信号に応じて前記波形記憶手段から前記波形データを読み出すことを特徴とする請求項4記載のエンジン排気音の合成装置。

【請求項6】 前記排気管回路は、シミュレートする排気管長に対応した遅延量を持つ遅延ループを含むことを特徴とする請求項1記載のエンジン排気音の合成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ドライブシミュレータ、フライトシミュレータ、レーシングゲーム、エアバトルゲーム、あるいは車室内環境制御等において用いられるレシプロエンジン等のエンジン排気音の合成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 この種のエンジン排気音の合成装置は、PCM（パルス符号変調）化した単純な繰り返し波形データを記憶した波形メモリを用いたり、周波数変調（FM）などによる単純な楽音合成装置を用いてエンジン排気音をシミュレートする音を合成していた。

【0003】

2

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このようなエンジン排気音の合成装置では、アクセルワークや車両の速度などに応じて、エンジン排気音の波形等を変化させるのが困難であり、ドライブシミュレータやゲームなどにおいて、臨場感が低いという問題点があった。

【0004】 そこで、本発明はアクセルの操作量やエンジン回転数に応じたエンジン排気音をシミュレートでき、臨場感の高められたエンジン排気音をシミュレートすることができるエンジン排気音の合成装置を提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するために、本発明のエンジン排気音の合成装置は、エンジン出力をシュミレートする特性を有し、アクセル操作子の操作量に対応したエンジン出力信号を出力する信号発生手段と、該信号発生手段より出力される前記エンジン出力信号を少なくとも遅延処理することによりエンジン回転数信号を生成するエンジン回転数生成手段と、前記エンジン回転数生成手段から出力されるエンジン回転数信号に対応した周期で、所定の排気波形信号を発生する波形発生手段と、排気管をシミュレートする少なくとも遅延ループを有する排気管回路を備え、前記再生された排気波形信号を前記排気管回路に供給し、前記排気管回路からエンジン排気音を出力するようにしたものである。

【0006】 また、前記本発明のエンジン排気音の合成装置において、前記信号発生手段は、アクセル操作子の操作量に対応したエンジン出力信号に変換する非線形特性を持つ変換手段を含むようにしたものであり、前記エンジン回転数生成手段は、前記エンジン出力信号をフィルタ処理することにより、前記エンジン回転数信号を得るようにしたものであり、前記波形発生手段は、所定の排気波形に対応した波形データを記憶した波形記憶手段を含み、該波形データを読み出すことによって前記排気波形を発生するようにしたものである。さらに、前記エンジン回転数信号に基づいて位相信号を発生する位相発生手段をさらに備え、該位相信号に応じて前記波形記憶手段から前記波形データを読み出すようにしてもよく、また、前記排気管回路は、シミュレートする排気管長に対応した遅延量を持つ遅延ループを含むようにしたものである。

【0007】

【作用】 本発明によれば、アクセル操作子の操作量に応じて発生されたエンジン出力信号に対応する排気波形信号が、エンジン回転数情報に応じた周期で発生され、この排気波形信号が排気管（マフラー）をシミュレートした排気管回路に入力されて排気音信号が発生されるため、エンジンの排気挙動を十分にシミュレートすることができ、臨場感の高められたエンジン排気音を合成することができる。さらに、アクセル操作子の操作により、実際のエンジンの排気挙動に近い状態で、排気音信号の

10

20

30

40

50

3

周期および波形を変化させることができるため、一層臨場感の高められたエンジン排気音を合成することができる。

【0008】

【実施例】本発明のエンジン排気音の合成装置の概略のブロック図を図1に示す。この図において、1はアクセル情報及びエンジン回転数情報（c p m）に基づいてエンジンモデルをシミュレートし、排気波形信号を生成する排気波形生成手段、2はマフラーすなわち排気管モデルをシミュレートして排気音信号を生成する排気管回路である。そして、アクセル情報及びエンジンの回転数情報が排気波形生成手段1に入力されると、排気波形生成手段1は入力されたアクセル情報、および、回転数情報に対応した排気波形信号を発生する。この排気波形信号は排気管回路2に入力されて、排気管をシミュレートした排気管回路2によりエンジン排気音をシミュレートする排気音信号に加工されて出力される。

【0009】次に、排気波形生成手段12の詳細な構成を図2に示す。この図において、21はアクセル情報に基づいてエンジン出力信号を発生する非線形回路、22は複数種類の排気波形22-1～22-4を記憶しエンジン出力信号に応じた排気波形が選択されて出力される排気波形記憶手段、23は排気波形記憶手段22から読み出された排気波形信号の音色を加工するためのフィルター、24はフィルター23から出力された排気波形信号の振幅の大きさを制御する乗算器、25はフィルター23の加工量を調整する調整手段、26は乗算器24の制御量を調整する調整手段、40はエンジンの回転数情報（c p m）をシステムクロック毎に累算することにより、位相情報を生成する位相情報生成手段（P、G）であり、加算器41と1システムクロック遅延する遅延手段42とから構成されている。

【0010】このように構成された排気波形生成手段1の動作を説明すると、フットペダル等から出力されるデジタルのアクセル情報に対するエンジン出力信号の特性は、リニアな特性とならず、一般に非線形特性とされている。この非線形特性を非線形回路21が実現しており、アクセル情報が入力されると、非線形回路21は記憶しているテーブルに基づいてそのアクセル情報量に対応するエンジン出力信号を発生し、排気波形記憶手段22に印加されてエンジン出力信号に適した排気波形が選択される。また、調整手段25を介してフィルター23に印加されてエンジン出力信号に適した音色が選択されると共に、調整手段26を介して乗算器24に印加されてエンジン出力信号に適した振幅が選択される。なお、アクセル情報が「0」であってもエンジンはアイドル状態とされて回転しており、排気音は若干出力されているので、これをシミュレートするために非線形回路21は、アクセル情報がない場合でもアイドル状態のエンジン出力信号が出力される特性とされている。

4

【0011】また、デジタル信号とされた回転数情報（c p m）は位相情報生成手段40を構成する加算器41に入力され、加算器41において遅延手段42の出力と加算される。加算された信号は遅延手段42において1システムクロック時間遅延されて加算器41に戻される。したがって、1システムクロック毎に回転数情報が累算されて遅延手段42から出力されるようになる。この場合、加算器41は限られた演算ビット数とされているため、累算値がオーバーフローするとMSBが「0」となる。累算値のオーバーフローは入力信号の大きさに応じた周期毎に生じるため、位相情報生成手段40からは、c p mの大きさに応じた繰り返し周期を有する位相情報信号が出力されることになる。

【0012】そこで、この位相情報生成手段40より出力される位相情報信号を読み出アドレスとして排気波形記憶手段22に与え、排気波形記憶手段22から排気波形を読み出すようにすると、読み出された排気波形信号の周期はc p mに応じた基本周期を有するようになる。ところで、前記したように排気波形記憶手段22に印加されたエンジン出力信号の大きさに応じて、複数の排気波形信号22-1～22-4のうちの最適の排気波形が選択されていることにより、エンジン排気波形をよりよくシミュレートできるようになる。更に、エンジン出力信号の大きさに応じてフィルター23の係数が制御されることにより、エンジン出力信号に応じて排気波形信号の音色が変化するように制御されると共に、乗算器24により排気波形信号の振幅が制御され、アクセル情報に応じた大きくなるようエンジン排気波形が制御されるようになる。

【0013】これにより、一層実際のエンジン排気音波形に近似した排気波形信号が排気波形生成手段1から出力されるようになる。なお、排気波形記憶手段22に記憶される排気波形22-1～22-4はパルス状あるいはノイズ状の波形とするのが好適である。さらに、フィルター23及び乗算器24において、非線形回路21からの信号に対する感度を手動により調整できるように調整手段25及び調整手段26が設けられている。

【0014】次に、排気管をシミュレートする排気管回路2について説明するが、排気管50は一般に図3の実線で示すように細い管51に太い管52が接続され、更に細い管53が接続された構造とされている。また、破線で示す太い管54ないし細い管57を、さらに縦続接続するようにしても良い。このような排気管50をシミュレートする排気管回路2を図4ないし図6を用いて説明する。排気管回路2の一例を図4に示すが、シミュレートする際に排気管50の細い管51の左端は、エンジンとの連結部でありその断面は小さいものと仮定して閉口端とし、また、細い管53あるいは細い管57の右端は、排気を外気に放出しているので開口端としている。

【0015】図4において、加算器61は反射波が図3

5

に示す排気管50の左端で再度反射されて進行する現象をシミュレートするためのものであり、排気波形信号と遅延手段Db1よりの反射波信号とを加算している。また、遅延手段Da1~Dan, Db1~Dbnは空気圧力波が図3に示す各管51~57を通過するのに要する時間をシミュレートしており、その時間は図3に示す管の長さD1~Dnに対応している。さらに、ジャンクションJ1~Jn-1は管と管との連結部における空気圧力波の散乱をシミュレートしており、係数乗算器62は排気管50の最終開口端において進行波が位相反転して反射波となる現象をシミュレートしており、遅延手段Danの出力に「-1」の係数を乗算して遅延手段Dbnに供給している。

【0016】このようにシミュレートされた排気管回路2において、図3に示す実線の構造の排気管50をモデルすると、ジャンクションはJ1, J2の2つ、遅延手段は両端とジャンクション間のDa1~Da3, Db1~Db3の3組、及び加算器61と係数乗算器62とで構成することができる。また、ジャンクションJ1は加算器63, 64, 65及び係数乗算器66で構成されてお

り、加算器63は遅延手段Da1よりの第1進行波信号から、遅延手段Db2よりの第(n-1)反射波信号を減算し、係数乗算器66は連結部における散乱特性に対応した係数Knを加算器63の信号に乘算し、加算器64は第1進行波信号と係数乗算器66の出力とを加算して第2進行波信号を生成し、加算器65は第(n-1)反射波信号と係数乗算器66の出力とを加算して第n反射波信号を生成している。他のジャンクションJ2~Jn-1も同様の構成により構成されている。

【0017】この排気管回路2の動作を説明すると、加算器61に排気波形生成手段1から排気波形信号が入力されると、遅延手段Db1から遅延された第n反射波信号が加算されることにより、第1進行波信号が生成されて遅延手段Da1に供給される。この遅延手段Da1により第1進行波信号が、細い管51の左端から右端に伝播されるタイムラグに相当する時間だけ遅延されて、細い管51と太い管52との連結部における散乱をシミュレートとしているジャンクションJ1に供給される。

【0018】ジャンクションJ1内において、第1進行波信号は加算器63及び加算器64に供給される。そして、加算器63において第(n-1)反射波信号が減算されて、係数乗算器66に供給されている。係数乗算器66はこの信号に係数K1を乗算して、加算器64及び加算器65に供給している。加算器64は第1進行波信号と係数乗算器66からの信号とを加算して、太い管52をシミュレートしている遅延手段Da2に第2進行波信号として供給している。また、加算器65は遅延手段Db2からの第(n-1)反射波信号と係数乗算器66からの信号とを加算して第n反射波信号を生成し、細い管51をシミュレートしている遅延部Db1に供給して

6

いる。

【0019】上記動作は遅延手段Da1、遅延手段Db1及びジャンクションJ1におけるものであるが、他の遅延部Da2~Dan、遅延手段Db2~Dbn及びジャンクションJ2~Jn-1においても同様な動作が行われる。そして、排気管50の最終端である遅延手段Danは排気管50により生成された排気音信号を外部に出力すると共に、係数乗算器62に供給する。係数乗算器62はその信号に「-1」を乗算して第1反射波信号を生成し、遅延手段Dbnに供給する。遅延手段Dbnはこの信号を遅延させた後、ジャンクションJn-1に供給する。そして、この反射波信号は順々に左側に伝播されて加算器61にフィードバックされていく。

【0020】次にジャンクションの他の例を図5を参照しながら説明する。図5(a)に示すジャンクションの例においては、左上側から第1進行波信号が係数乗算器71及び係数乗算器72に供給され、係数乗算器71は第1進行波信号に係数(1+K)を乗算し、係数乗算器72は係数Kを乗算する。一方、右下側から供給される第2反射波信号は係数乗算器73及び係数乗算器74に供給され、係数乗算器73は第2反射波信号に係数(1-K)を乗算し、係数乗算器74は係数(-K)を乗算する。そして、加算器75は係数乗算器71からの信号と係数乗算器72からの信号を加算することにより、第2進行波信号を生成して右上側から出力する。一方、加算器76は係数乗算器72からの信号と係数乗算器73からの信号を加算することにより、第1反射波信号を生成して左下側から出力する。この係数Kの値は連結部における散乱特性に合わせて決定される。

【0021】さらに他のジャンクションの例を図5

(b)に示す。このジャンクションにおいては、左上側から第1進行波信号が係数乗算器81及び加算器82に供給され、係数乗算器81は第1進行波信号に係数 α を乗算する。一方、右下側から供給される第2反射波信号は係数乗算器83及び加算器84に供給され、係数乗算器83は第2反射波信号に係数 β を乗算する。そして、加算器85は係数乗算器81からの信号と係数乗算器83からの信号を加算して、加算出力を加算器82, 84に供給する。加算器82は加算器85の出力信号から第1進行波信号を減算することにより、第1反射波信号を生成して左下側から出力する。一方、加算器84は加算器85の出力信号から第2反射波信号を減算することにより、第2進行波信号を生成して右上側から出力する。なお、係数 α 及び係数 β の値は連結部における散乱特性に合わせて決定される。このように、前記図5(a)

(b)に示すジャンクションの例においても、前記図4に示されているジャンクションと同様に管と管との連結部における空気圧力波の散乱をシミュレートすることができる。

【0022】次に、排気波形生成手段1の他の例を図6

7

に示すが、この例においてはアクセル情報だけを入力し、アクセル情報を利用して必要とするエンジン回転数情報 (c p m) を得るようにしたものであり、実際のエンジンに近いものである。この排気波形成手段1の構成は、前記図2に示す構成と比較してエンジン回転数生成手段30が付加されているだけであるので、特にエンジン回転数生成手段30に関して説明を行う事とする。図6に示す排気波形成手段1において、ドライブシミュレータ、フライトシミュレータ、レーシングゲーム及びエアーバトルゲームなどに設けられているアクセルペダル、ジョイスティックやエンジン出力レバーなどのアクセル操作子3の機械的操作量が、図示しないA-D変換手段によりデジタルのアクセル情報に変換されて、非線形回路21に供給されている。

【0023】この非線形回路21において前記したように、アクセル操作子3の操作量に基づいてエンジン出力信号が発生されるが、このエンジン出力信号は分岐されてエンジン回転数生成手段30に供給されている。一般に、エンジンの回転数はエンジン出力信号の変化に応じて変化するが、その変化はエンジン出力信号より遅延して変化している。この様子をシミュレートするのがエンジン回転数生成手段30であり、加算器31、遅延手段32、係数乗算器33、加算器34により構成されており、エンジン回転数生成手段30はローパスフィルターとされている。

【0024】この加算器31において、エンジン出力信号と加算器34から出力されるフィードバック信号とが加算されて遅延手段32に供給される。遅延手段32はエンジンの出力上昇によりその回転数が上昇するまでのタイムラグを与えるものである。また、係数乗算器33は係数Rをエンジン回転数信号 (c p m) に乗算して、車両に加わる空気抵抗やメカ抵抗などの抵抗によるエンジン減速信号を発生し、加算器34にエンジン回転数信号 (c p m) を減少させる減算信号として与えられている。これにより、現在のエンジン回転数信号が減少されて加算器31にフィードバックされている。

【0025】したがって、エンジン回転数信号からエンジン減速信号を減算し、その信号にアクセルによる加速量であるエンジン出力信号を加算して新しいエンジン回転数信号が発生されることになる。このため、アクセル操作子3を操作すると、抵抗を考慮しながら、段々とエンジン回転数信号が増大するようになっており、実際のエンジンの挙動に一致するようになる。そして、エンジン回転数生成手段30より出力されるエンジン回転数信号 (c p m) は、位相情報生成手段40に供給されて前記したように排気波形成手段22より、排気波形成を読み出す位相情報が作成されることになる。以下、前記図2に示す排気波形成手段と同様の動作が行われ、排気波形成信号が出力される。

【0026】また、エンジン出力信号に対しエンジン回

8

転数信号 (c p m) は、通常非線形特性とされているので、これをシミュレートするため図7に示すように、エンジン回転数生成手段30において遅延手段32に第2非線形回路35を縦続接続し、この第2非線形回路35からエンジン回転数信号 (c p m) を出力するようにしても良い。この第2非線形回路35を設けると、より一層実際のエンジンの挙動をシミュレートすることができるようになり、より臨場感の高められたエンジン排気音を合成できるようになる。

【0027】以上の説明においては、アクセル操作子1はアクセルペダル、ジョイスティックやエンジン出力レバーなどで構成されるものとしたが、これに限らず鍵盤のアフタタッチセンサ出力やマウスなどの連続値の得られる各種操作子を用いることができる。なお、エンジン排気音の合成装置の各部はハードウェアによって構成しても良いが、処理プログラムを含めたコンピュータやデジタルシグナルプロセッサ (DSP) による構成としてもよく、さらに、これらを適宜組み合わせたハイブリッドシステムとしても良いことは言うまでもない。また、コンピュータゲーム、ドライブシミュレータなどにおいては、アクセル情報やエンジン回転数情報を表示画面における動きや、ゲームの展開に反映させて変化させることも可能である。

【0028】さらに、排気波形成記憶手段22の排気波形成、フィルター23のフィルター特性、排気管回路2の各種係数および特性、非線形回路21の特性、あるいはエンジン回転数生成手段30の特性などは、ゲームなどの使用目的に応じて適宜変更可能であり、かつその設定を可変とすることも可能である。そして、エンジン負荷に関連する情報、たとえばゲームにおける走行路の状態、トランスミッションの設定状況、ステアリングの状態、および、クラッチやブレーキの操作などの情報を、エンジン回転数信号、排気波形成信号のフィルター特性、あるいは振幅などに反映させるようにすれば、より高度なシミュレーションを可能とすることができる。また、フライトシミュレータなどにおける飛行機用エンジンのシミュレーションでは飛行状態、操縦状態に応じてエンジン排気音の合成装置の各構成を制御すればよい。

【0029】さらにまた、排気管回路2の遅延量は、エンジンおよび排気管の温度変化に応じて変化させるようにしても良い。この温度変化はエンジン回転数や回転時間などから算出可能である。これにより、熱による排気系 (排気管) の膨張収縮、音速の変化を考慮してシミュレーションすることができる。その際に、温度変化に応じて排気波形成を変化させるようにしても良い。さらに、ノイズ発生器を設けて、アクセルの操作量やエンジン回転数に応じて、排気波形成信号の周波数特性、振幅を制御するようにすることも可能である。この場合、エンジンノイズは点火時に多く発生するので、点火タイミング時にノイズが発生するように、ノイズの発生タイミングを

9

排気波形信号の読み出し位相値に応じて制御するようにしても良い。例えば、排気波形信号の立ち上がり区間にノイズを印加したり、あるいはノイズの振幅を大きくしたりすることができる。

【0030】前記の説明においては、排気波形は波形メモリから読み出すことにより発生するものとしたが、本発明はこれに限らず、所望の波形が発生できるものであればどのような波形発生方式、あるいは波形合成方式のものを採用しても良く、例えばFM、PCMパルス波をフィルタに通す方式等を採用してもよい。そして、排気音信号は排気管回路2の途中から信号の一部を取り出すことなどにより、2本の排気管をシミュレートするステレオ化も可能になる。

【0031】

【発明の効果】本発明は以上のように構成されているので、アクセル操作子の操作量に応じてエンジン出力信号を発生することができ、そのエンジン出力信号に対応する排気波形信号がエンジン回転数に応じた周期で、排気管をシミュレートした排気管回路に入力されて排気音信号が発生することができる。このため、アクセル操作子の操作により、実際のエンジンの排気挙動に近い状態で、排気音信号の周期および波形を変化させたエンジン

10

排気音を合成することができる。したがって、合成されたエンジン排気音を臨場感の高いエンジン排気音とすることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のエンジン排気音の合成装置の概略構成を示す図である。

【図2】 排気波形生成手段の構成の一例を示す図である。

【図3】 排気管モデルの構造を示す図である。

【図4】 排気管回路の構成の一例を示す図である。

【図5】 排気管回路におけるジャンクションの構成の他の例を示す図である。

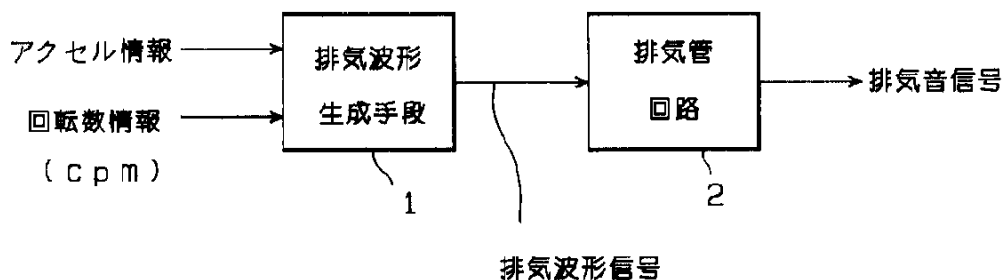
【図6】 排気波形生成手段の構成の他の例を示す図である。

【図7】 エンジン回転数生成手段の他の構成例を示す図である。

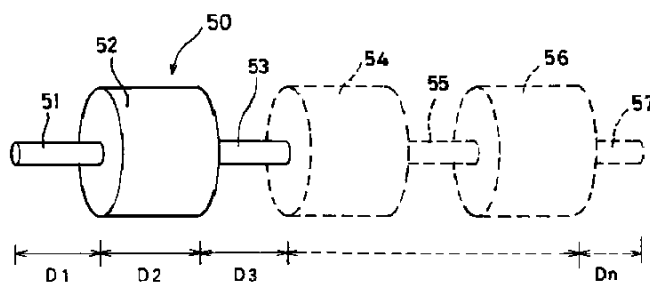
【符号の説明】

1 排気波形生成手段、2 排気管回路、3 アクセル操作子、21 非線形回路、22 排気波形記憶手段、23 フィルター、24乗算器、30 エンジン回転数生成手段、40 位相情報生成手段

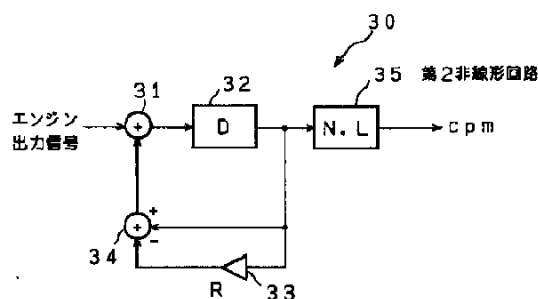
【図1】



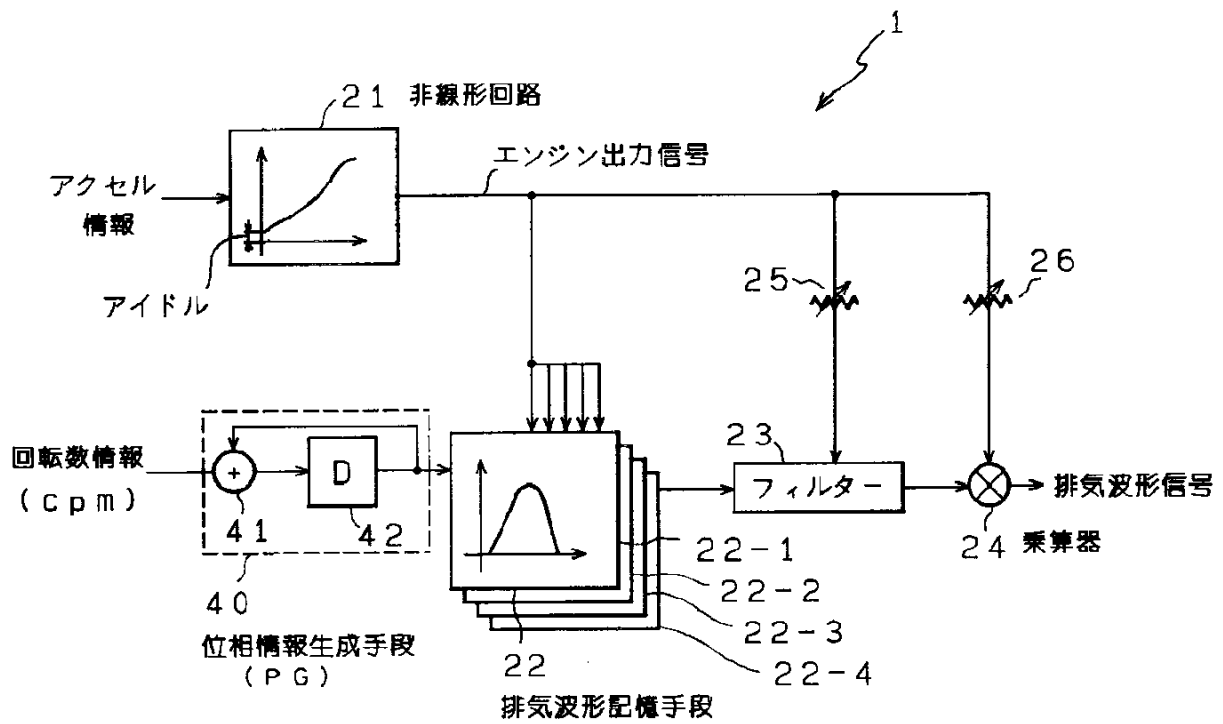
【図3】



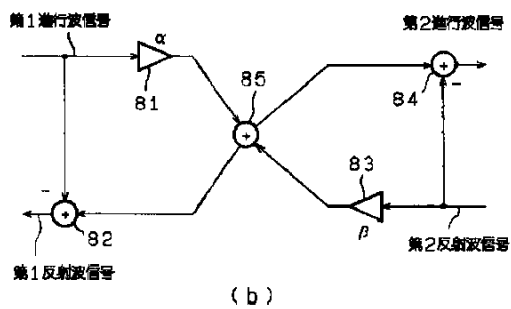
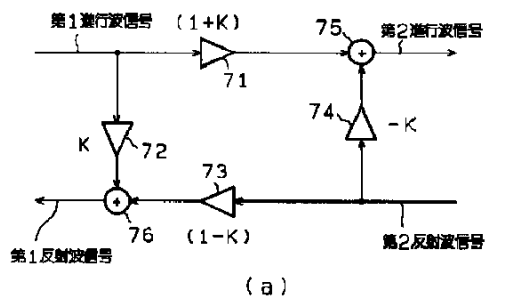
【図7】



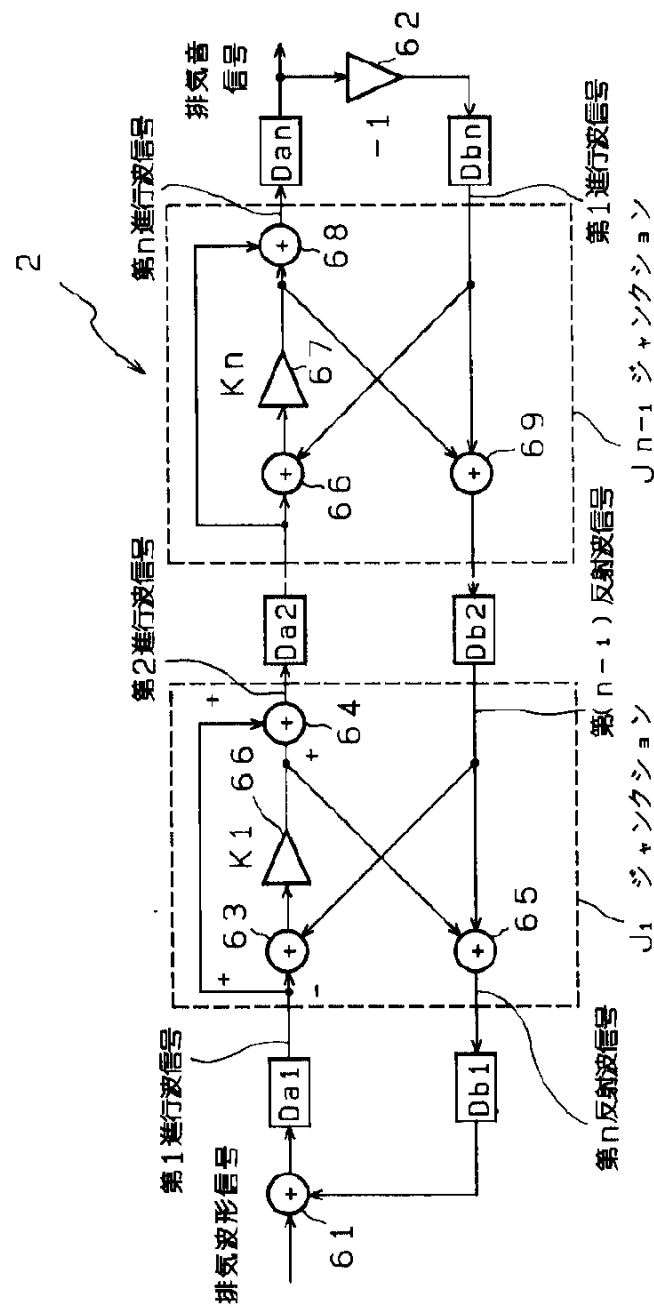
【図2】



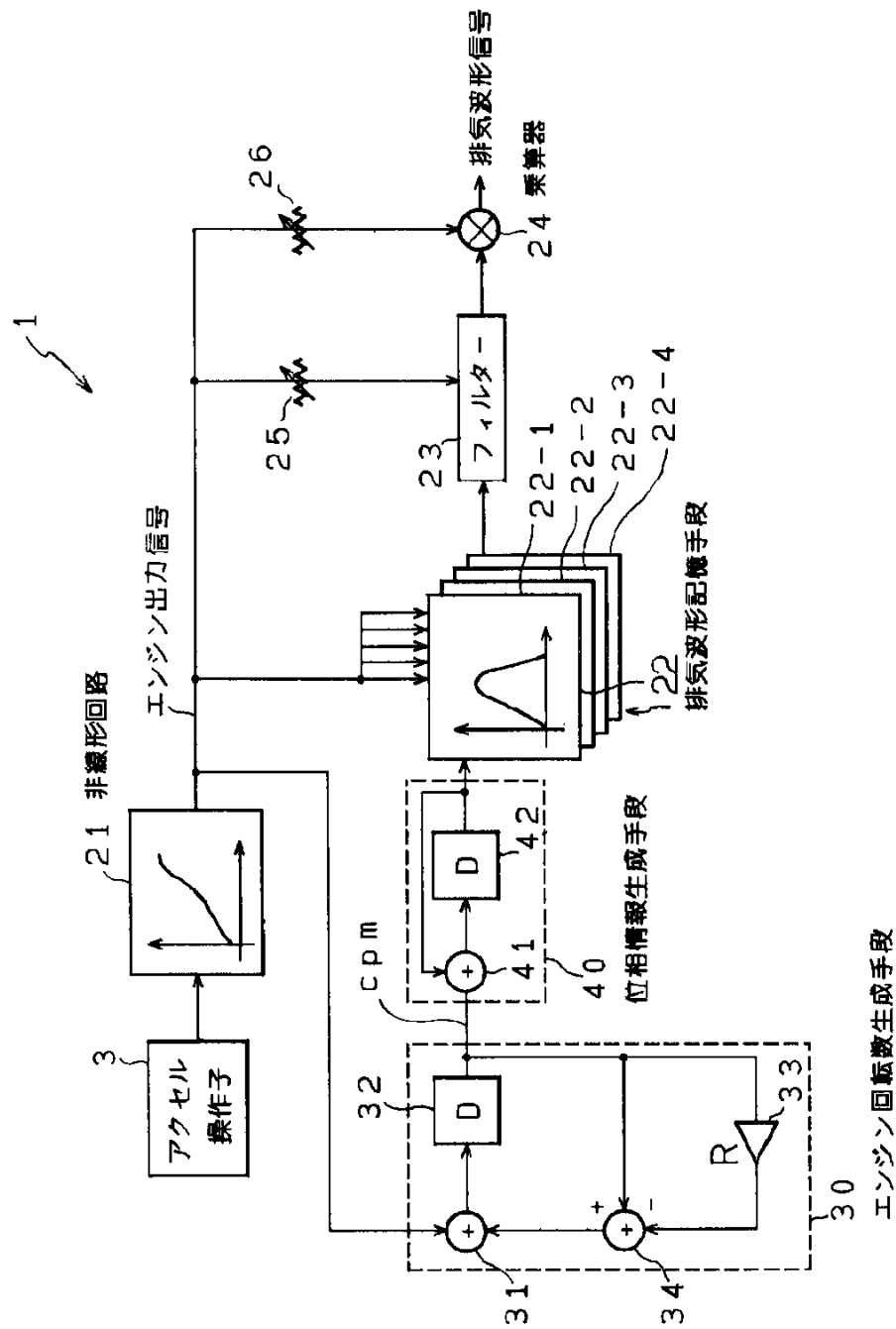
【図5】



【図4】



【図6】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-152894

(43)Date of publication of application : 11.06.1996

(51)Int.Cl. G10K 15/04

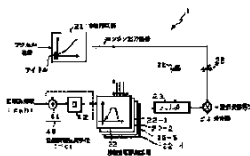
F01N 1/00

G10H 7/08

(21)Application number : 06-314272 (71)Applicant : YAMAHA CORP

(22)Date of filing : 25.11.1994 (72)Inventor : KUNIMOTO TOSHIFUMI

(54) ENGINE EXHAUST SOUND-SYNTHESIZING DEVICE



(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an engine exhaust sound-synthesizing device enhancing presence according to the operational amount of an accelerator and the number of revolution of an engine.

CONSTITUTION: The operational amount of an accelerator operation pedal is converted into an engine output signal based on the table of a nonlinear circuit

21 to be supplied to an engine number-of-revolution generation means 30 and an exhaust waveform storage means 22. The engine number-of-revolution generation means 30 delays an engine output signal, and generates an engine number- of-revolution signal to supply it to the exhaust waveform storage means 22. An exhaust waveform signal read out from the exhaust waveform storage means 22 by a phase information generation means 40 at a period corresponding to the engine number of revolution signal is supplied to an exhaust pipe circuit simulating an exhaust pipe, and the engine exhaust sound is synthesized.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.1998

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2970447

[Date of registration] 27.08.1999

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A signal generation means to have the property of simulating engine power and to output the engine output signal corresponding to the control input of an accelerator handler, An engine-speed generation means to generate an engine speed signal by carrying out delay processing of said engine output signal outputted from this signal generation means at least, With the period corresponding to the engine speed signal outputted from said engine-speed generation means It has a wave generating means to generate a predetermined exhaust air wave signal, and the exhaust pipe circuit which simulates an exhaust pipe and which has a delay loop formation at least. The synthesizer unit of the engine exhaust sound characterized by supplying said reproduced exhaust air wave signal to said exhaust pipe circuit, and outputting engine exhaust sound from said exhaust pipe circuit.

[Claim 2] Said signal generation means is the synthesizer unit of an engine exhaust sound according to claim 1 characterized by including a conversion means with the nonlinear characteristic which changes the control input of said accelerator handler into the corresponding engine output signal.

[Claim 3] Said engine-speed generation means is the synthesizer unit of an engine exhaust sound according to claim 1 characterized by acquiring said engine speed signal by carrying out filtering of said engine output signal.

[Claim 4] Said wave generating means is the synthesizer unit of an engine

exhaust sound according to claim 1 characterized by generating said exhaust air wave by reading this data point including a wave storage means by which the data point corresponding to a predetermined exhaust air wave was memorized.

[Claim 5] The synthesizer unit of an engine exhaust sound according to claim 4 characterized by having further a phase generating means to generate a phasing signal based on said engine speed signal, and reading said data point from said wave storage means according to this phasing signal.

[Claim 6] Said exhaust pipe circuit is the synthesizer unit of an engine exhaust sound according to claim 1 characterized by including a delay loop formation with the amount of delay corresponding to the exhaust pipe length which simulates.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the synthesizer unit of engine exhaust sound, such as a reciprocating engine used in a drive simulator, a flight simulator, a racing game, the Ayr battle game, or vehicle indoor environment control.

[0002]

[Description of the Prior Art] The wave memory which memorized the simple repeat data point which turned PCM (pulse code modulation) was used for the synthesizer unit of this kind of engine exhaust sound, and it was compounding the sound which simulates engine exhaust sound using the simple musical-sound synthesizer unit by frequency modulation (FM) etc.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the synthesizer unit of such an engine exhaust sound, according to an accelerator work piece, the rate of a car, etc., it is difficult to change the wave of engine exhaust sound etc., and there was a trouble that presence was low, in a drive simulator, a game, etc.

[0004] Then, it aims at offering the synthesizer unit of the engine exhaust sound which this invention can simulate the engine exhaust sound according to the control input and engine speed of an accelerator, and can simulate the engine exhaust sound to which presence was raised.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain said purpose, the synthesizer unit of the engine exhaust sound of this invention A signal generation means to have the property of simulating engine power and to output the engine output signal corresponding to the control input of an accelerator handler, An engine-speed generation means to generate an engine speed signal by carrying out delay processing of said engine output signal outputted from this signal generation means at least, With the period corresponding to the engine speed signal outputted from said engine-speed generation means It has a wave generating means to generate a predetermined exhaust air wave signal, and the exhaust pipe circuit which simulates an exhaust pipe and which has a delay loop formation at least, said reproduced exhaust air wave signal is supplied to said exhaust pipe circuit, and it is made to output engine exhaust sound from said exhaust pipe circuit.

[0006] In the synthesizer unit of the engine exhaust sound of said this invention

moreover, said signal generation means It is made to include a conversion means with the nonlinear characteristic which changes the control input of an accelerator handler into the corresponding engine output signal. Said engine-speed generation means Said engine speed signal is acquired by carrying out filtering of said engine output signal. Said wave generating means It is made to generate said exhaust air wave by reading this data point including a wave storage means by which the data point corresponding to a predetermined exhaust air wave was memorized. Furthermore, it has further a phase generating means to generate a phasing signal based on said engine speed signal, and you may make it read said data point from said wave storage means according to this phasing signal, and it is made for said exhaust pipe circuit to include a delay loop formation with the amount of delay corresponding to the exhaust pipe length which simulates.

[0007]

[Function] Since according to this invention the exhaust air wave signal corresponding to the engine output signal generated according to the control input of an accelerator handler is generated with the period according to engine-speed information, it is inputted into the exhaust pipe circuit where this exhaust air wave signal simulated the exhaust pipe (muffler) and an exhaust-sound signal is generated, engine exhaust air behavior can fully be simulated and the engine exhaust sound to which presence was raised can be compounded. Furthermore, in the condition near the exhaust air behavior of an actual engine, since the period of an exhaust-sound signal and a wave can be changed, the engine exhaust sound to which presence was raised further is compoundable with actuation of an accelerator handler.

[0008]

[Example] The block diagram of the outline of the synthesizer unit of the engine exhaust sound of this invention is shown in drawing 1 . In this drawing, it is the exhaust pipe circuit which 1 simulates an engine model based on accelerator information and engine-speed information (cpm), and an exhaust air wave

generation means to generate an exhaust air wave signal, and 2 simulate a muffler, i.e., an exhaust pipe model, and generates an exhaust-sound signal. And if accelerator information and the rotational frequency information on engine are inputted into the exhaust air wave generation means 1, the exhaust air wave generation means 1 will generate the exhaust air wave signal corresponding to the inputted accelerator information and rotational frequency information. This exhaust air wave signal is inputted into the exhaust pipe circuit 2, and is processed and outputted to the exhaust-sound signal which simulates engine exhaust sound by the exhaust pipe circuit 2 which simulated the exhaust pipe.

[0009] Next, the detailed configuration of the exhaust air wave generation means 12 is shown in drawing 2. The nonlinear circuit where 21 generates an engine output signal in this drawing based on accelerator information, An exhaust air wave storage means by which 22 memorizes two or more kinds of exhaust air wave 22-1-22-4, and the exhaust air wave according to an engine output signal is chosen and outputted, A filter for 23 to process the tone of the exhaust air wave signal read from the exhaust air wave storage means 22, The multiplier which controls the magnitude of the amplitude of the exhaust air wave signal with which 24 was outputted from the filter 23, The adjustment device with which 25 adjusts the amount of processings of a filter 23, the adjustment device with which 26 adjusts the controlled variable of a multiplier 24, and 40 by accumulating the rotational frequency information (cpm) on engine for every system clock It is a topology generation means (P. G) to generate topology, and consists of an adder 41 and a delay means 42 by which one system clock is delayed.

[0010] Thus, if actuation of the constituted exhaust air wave generation means 1 is explained, the property of an engine output signal over the digital accelerator information outputted from a foot pedal etc. does not turn into a linear property, but, generally let it be a nonlinear characteristic. If the nonlinear circuit 21 has realized this nonlinear characteristic and accelerator information is inputted, the exhaust air wave which the nonlinear circuit 21 generated the engine output signal corresponding to that accelerator amount of information based on the

memorized table, was impressed to the exhaust air wave storage means 22, and was suitable for the engine output signal will be chosen. Moreover, while the tone which was impressed to the filter 23 through the adjustment device 25, and was suitable for the engine output signal is chosen, the amplitude which was impressed to the multiplier 24 through the adjustment device 26, and was suitable for the engine output signal is chosen. In addition, since it is rotating an engine being used as an idle state and exhaust sound is outputted a little even if accelerator information is "0", in order to simulate this, the nonlinear circuit 21 is made into the property that the engine output signal of an idle state is outputted even when there is no accelerator information.

[0011] Moreover, the rotational frequency information (cpm) made into the digital signal is inputted into the adder 41 which constitutes the topology generation means 40, and is added with the output of the delay means 42 in an adder 41. The added signal is set for the delay means 42, and 1 system-clock time delay is carried out, and it is returned to an adder 41. Therefore, rotational frequency information accumulates for every system clock, and it comes to be outputted from the delay means 42. In this case, since the adder 41 is made into the limited operation number of bits, MSB will be set to "0" if a accumulation value overflows. Since overflow of a accumulation value is produced for every period according to the magnitude of an input signal, from the topology generation means 40, the topology signal according to the magnitude of cpm which has a period repeatedly will be outputted.

[0012] Then, when the topology signal outputted from this topology generation means 40 is given to the exhaust air wave storage means 22 as the read-out address and an exhaust air wave is read from the exhaust air wave storage means 22, the period of the read exhaust air wave signal comes to have a primitive period according to cpm. By the way, according to the magnitude of the engine output signal impressed to the exhaust air wave storage means 22 as described above, an engine exhaust air wave can be better simulated now by choosing the optimal exhaust air wave of two or more exhaust air wave signals

22-1 to 22-4. Furthermore, while being controlled so that the tone of an exhaust air wave signal changes according to an engine output signal by controlling the multiplier of a filter 23 according to the magnitude of an engine output signal, the amplitude of an exhaust air wave signal is controlled by the multiplier 24, and an engine exhaust air wave comes to be controlled to become the magnitude according to accelerator information.

[0013] The exhaust air wave signal approximated to the thereby much more actual engine exhaust-sound wave comes to be outputted from the exhaust air wave generation means 1. In addition, it is suitable for exhaust air wave 22-1-22-4 memorized by the exhaust air wave storage means 22 to consider as the wave of the shape of the shape of a pulse and a noise. Furthermore, in the filter 23 and the multiplier 24, the adjustment device 25 and the adjustment device 26 are formed so that hand control can adjust the sensibility to the signal from a nonlinear circuit 21.

[0014] Next, although the exhaust pipe circuit 2 which simulates an exhaust pipe is explained, the exhaust pipe 50 is made into the structure where the thick tubing 52 was connected to the thin tubing 51 as the continuous line of drawing 3 generally showed, and the still thinner tubing 53 was connected. Moreover, it may be made to carry out cascade connection of the thick tubing 54 thru/or the thin tubing 57 shown with a broken line further. The exhaust pipe circuit 2 which simulates such an exhaust pipe 50 is explained using drawing 4 thru/or drawing 6. Although an example of the exhaust pipe circuit 2 is shown in drawing 4, the left end of the thin tubing 51 of an exhaust pipe 50 is the connection section with an engine, in case it simulates, it uses it as an embarrassment edge, assuming the cross section to be a small thing, and since the right end of the thin tubing 53 or the thin tubing 57 is emitting exhaust air to the open air, it is used as the opening edge.

[0015] In drawing 4, an adder 61 is for simulating the phenomenon in which a reflected wave advances by being again reflected at the left end of the exhaust pipe 50 shown in drawing 3, and is adding the exhaust air wave signal and the

reflected wave signal from the delay means Db1. Moreover, the delay means Da1-Dan, and Db1-Dbn are simulating the time amount taken to pass each tubing 51-57 which an air pressure wave shows to drawing 3, and the time amount supports the die length D1-Dn of tubing shown in drawing 3. Furthermore, junction J1-Jn-1 is simulating dispersion of the air pressure wave in the connection section of tubing and tubing, and in the last opening edge of an exhaust pipe 50, the progressive wave is simulating the phenomenon which carries out phase inversion and serves as a reflected wave, carries out the multiplication of the multiplier of "-1" to the output of the delay means Dan, and supplies the multiplier multiplier 62 to the delay means Dbn.

[0016] Thus, in the simulated exhaust pipe circuit 2, if the model of the exhaust pipe 50 of the structure of the continuous line shown in drawing 3 is carried out, a junction can constitute two, J1 and J2, and a delay means from 3 sets, Da1-Da3 between both ends and a junction, and Db1-Db3, and an adder 61 and the multiplier multiplier 62. Moreover, the junction J1 consists of adders 63, 64, and 65 and a multiplier multiplier 66. An adder 63 subtracts the $(n-1)$ reflected wave signal from the delay means Db2 from the 1st progressive wave signal from the delay means Da1. The multiplier multiplier 66 carries out the multiplication of the multiplier Kn corresponding to the dispersion property in the connection section to the signal of an adder 63. An adder 64 adds the 1st progressive wave signal and the output of the multiplier multiplier 66, and generates the 2nd progressive wave signal, and an adder 65 adds a $(n-1)$ reflected wave signal and the output of the multiplier multiplier 66, and is generating the n-th reflected wave signal. Other junction J2-Jn-1 is constituted by the same configuration.

[0017] If actuation of this exhaust pipe circuit 2 is explained and an exhaust air wave signal will be inputted into an adder 61 from the exhaust air wave generation means 1, by adding the n-th reflected wave signal delayed for the delay means Db1, the 1st progressive wave signal will be generated and the delay means Da1 will be supplied. Only the time amount equivalent to the time

lag spread by the 1st progressive wave signal at a right end from the left end of the thin tubing 51 with this delay means Da1 is delayed, and the junction J1 which is considering dispersion in the connection section of the thin tubing 51 and the thick tubing 52 as the simulation is supplied.

[0018] The 1st progressive wave signal is supplied in a junction J1 at an adder 63 and an adder 64. And in an adder 63, a $(n-1)$ reflected wave signal is subtracted, and the multiplier multiplier 66 is supplied. The multiplier multiplier 66 carries out the multiplication of the multiplier K1 to this signal, and supplies it to the adder 64 and the adder 65. An adder 64 adds the 1st progressive wave signal and the signal from the multiplier multiplier 66, and supplies them to a delay means Da2 by which the thick tubing 52 is simulated, as the 2nd progressive wave signal. Moreover, an adder 65 adds the $(n-1)$ reflected wave signal from the delay means Db2, and the signal from the multiplier multiplier 66, generates the n-th reflected wave signal, and supplies it to the delay section Db1 which is simulating the thin tubing 51.

[0019] Same actuation is performed [in / in the above-mentioned actuation / the delay means Da1, the delay means Db1, and a junction J1] also in other delay sections Da2-Dan, the delay means Db2-Dbn, and junction J2-Jn-1. And the delay means Dan which is the last edge of an exhaust pipe 50 is supplied to the multiplier multiplier 62 while it outputs outside the exhaust-sound signal generated by the exhaust pipe 50. The multiplier multiplier 62 carries out the multiplication of "-1" to the signal, generates the 1st reflected wave signal, and supplies it to the delay means Dbn. After the delay means Dbn delays this signal, it is supplied to junction Jn-1. And this reflected wave signal is spread on left-hand side one by one, and is fed back to the adder 61.

[0020] Next, other examples of a junction are explained, referring to drawing 5 . In the example of the junction shown in drawing 5 (a), the 1st progressive wave signal is supplied to the multiplier multiplier 71 and the multiplier multiplier 72 from an upper left side, the multiplier multiplier 71 carries out the multiplication of the multiplier $(1+K)$ to the 1st progressive wave signal, and the multiplier

multiplier 72 carries out the multiplication of the multiplier K . On the other hand, the 2nd reflected wave signal supplied from a lower right side is supplied to the multiplier multiplier 73 and the multiplier multiplier 74, the multiplier multiplier 73 carries out the multiplication of the multiplier $(1-K)$ to the 2nd reflected wave signal, and the multiplier multiplier 74 carries out the multiplication of the multiplier $(-K)$. And by adding the signal from the multiplier multiplier 71, and the signal from the multiplier multiplier 72, an adder 75 generates the 2nd progressive wave signal, and outputs it from an upper right side. On the other hand, by adding the signal from the multiplier multiplier 72, and the signal from the multiplier multiplier 73, an adder 76 generates the 1st reflected wave signal, and outputs it from a lower left side. The value of this multiplier K is determined according to the dispersion property in the connection section.

[0021] The example of the junction of further others is shown in drawing 5 (b). In this junction, the 1st progressive wave signal is supplied to the multiplier multiplier 81 and an adder 82 from an upper left side, and the multiplier multiplier 81 carries out the multiplication of the multiplier α to the 1st progressive wave signal. On the other hand, the 2nd reflected wave signal supplied from a lower right side is supplied to the multiplier multiplier 83 and an adder 84, and the multiplier multiplier 83 carries out the multiplication of the multiplier β to the 2nd reflected wave signal. And an adder 85 adds the signal from the multiplier multiplier 81, and the signal from the multiplier multiplier 83, and supplies an addition output to adders 82 and 84. By subtracting the 1st progressive wave signal from the output signal of an adder 85, an adder 82 generates the 1st reflected wave signal, and outputs it from a lower left side. On the other hand, by subtracting the 2nd reflected wave signal from the output signal of an adder 85, an adder 84 generates the 2nd progressive wave signal, and outputs it from an upper right side. In addition, the value of a multiplier α and a multiplier β is determined according to the dispersion property in the connection section. Thus, also in the example of the junction shown in said drawing 5 (a) and (b), dispersion of the air pressure wave in the connection section of tubing and tubing

can be simulated like the junction shown in said drawing 4 .

[0022] Next, although other examples of the exhaust air wave generation means 1 are shown in drawing 6 , only accelerator information is inputted in this example, the engine-speed information (cpm) needed using accelerator information is acquired, and it is close to an actual engine. Since the engine-speed generation means 30 is only added as compared with the configuration shown in said drawing 2 , suppose the configuration of this exhaust air wave generation means 1 that especially the engine-speed generation means 30 is explained. In the exhaust air wave generation means 1 shown in drawing 6 , the mechanical control input of the accelerator handlers 3, such as the accelerator pedal and joy stick which are formed in the drive simulator, the flight simulator, the racing game, the Ayr battle game, etc., and an engine power lever, is changed into digital accelerator information by the A-D conversion means which is not illustrated, and is supplied to the nonlinear circuit 21.

[0023] Although an engine output signal is generated based on the control input of the accelerator handler 3 as described above in this nonlinear circuit 21, this engine output signal branches and is supplied to the engine-speed generation means 30. Generally, although an engine engine speed changes according to change of an engine output signal, the change is delayed for an engine output signal, and it is changing. The engine-speed generation means 30 simulates this situation, and it is constituted by the adder 31, the delay means 32, the multiplier multiplier 33, and the adder 34, and let the engine-speed generation means 30 be a low pass filter.

[0024] In this adder 31, an engine output signal and the feedback signal outputted from an adder 34 are added, and the delay means 32 is supplied. The delay means 32 gives time lag until the rotational frequency rises by output rise of an engine. Moreover, the multiplier multiplier 33 carries out the multiplication of the multiplier R to an engine speed signal (cpm), generates the engine reduced speed signal by resistance of air resistance, mechanism resistance, etc. which join a car, and is given as a subtraction signal which decreases an engine speed

signal (cpm) to an adder 34. Thereby, a current engine speed signal decreases and it is fed back to the adder 31.

[0025] Therefore, an engine reduced speed signal will be subtracted from an engine speed signal, the engine output signal which is the amount of acceleration by the accelerator will be added to the signal, and a new engine speed signal will be generated. For this reason, if the accelerator handler 3 is operated, taking resistance into consideration, steps and an engine speed signal increase and it comes to be in agreement with the behavior of an actual engine. And as the engine speed signal (cpm) outputted from the engine-speed generation means 30 was supplied to the topology generation means 40 and described above, the topology which reads an exhaust air wave will be created from the exhaust air wave storage means 22. The same actuation as the exhaust air wave generation means shown in said drawing 2 is performed hereafter, and an exhaust air wave signal is outputted.

[0026] Moreover, in order to simulate this, in the engine-speed generation means 30, cascade connection of the 2nd nonlinear circuit 35 is carried out to the delay means 32, and you may make it output an engine speed signal (cpm) from this 2nd nonlinear circuit 35, as shown in drawing 7 since the engine speed signal (cpm) is usually made into the nonlinear characteristic to the engine output signal. If this 2nd nonlinear circuit 35 is formed, the behavior of a much more actual engine can be simulated now, and the engine exhaust sound to which presence was raised more can be compounded.

[0027] In the above explanation, although the accelerator handler 1 shall consist of an accelerator pedal, a joy stick, an engine power lever, etc., it can use the various handlers from which continuation values, such as an after touch sensor output of not only this but a keyboard and a mouse, are acquired. In addition, although hardware may constitute each part of the synthesizer unit of engine exhaust sound, it is not necessary to say that it is good also as a configuration by a computer and digital signal processor (DSP) including a processing program, and still better also as a hybrid system which combined these suitably. Moreover,

in a computer game, a drive simulator, etc., it is possible to make accelerator information and engine-speed information reflect in the motion in the display screen and expansion of a game, and to also make it change.

[0028] Furthermore, according to the purposes of use, such as a game, it can change suitably, and the exhaust air wave of the exhaust air wave storage means 22, the filter shape of a filter 23, the various multipliers of the exhaust pipe circuit 2 and a property, the property of a nonlinear circuit 21, or the property of the engine-speed generation means 30 can also make the setup adjustable. And more advanced simulation can be made possible if it is made to make information, such as a condition of the transit way in the information relevant to an engine load, for example, a game, a setting situation of transmission, a condition of a steering, and a clutch, actuation of a brake, reflect in the filter shape of an engine speed signal and an exhaust air wave signal, or the amplitude. Moreover, what is necessary is just to control each configuration of the synthesizer unit of engine exhaust sound by simulation of the engine for airplanes in a flight simulator etc. according to a flight condition and an operation condition.

[0029] You may make it change the amount of delay of the exhaust pipe circuit 2 further again according to the temperature change of an engine and an exhaust pipe. This temperature change is computable from an engine speed, turnover time, etc. Thereby, simulation can be carried out in consideration of expansion contraction of the exhaust air system (exhaust pipe) by heat, and change of acoustic velocity. You may make it change an exhaust air wave according to a temperature change in that case. Furthermore, it is also possible to prepare a noise source and to control the frequency characteristics of an exhaust air wave signal and the amplitude according to the control input and engine speed of an accelerator. In this case, since many engine noises at the time of ignition are generated, you may make it control the generating timing of a noise according to the read-out phase value of an exhaust air wave signal so that a noise occurs at the time of ignition timing. For example, a noise can be impressed to the standup

section of an exhaust air wave signal, or the amplitude of a noise can be enlarged.

[0030] In the aforementioned explanation, although an exhaust air wave shall be generated by reading from wave memory, this invention may adopt the method which may adopt the thing of what kind of wave generating method or a wave composite system as long as it can generate the wave of not only this but a request, for example, lets FM and a PCM pulse wave pass in a filter. And when an exhaust-sound signal takes out a part of signal from the middle of the exhaust pipe circuit 2, stereo-ization which simulates two exhaust pipes is also attained.

[0031]

[Effect of the Invention] Since this invention is constituted as mentioned above, an engine output signal can be generated according to the control input of an accelerator handler, the exhaust air wave signal corresponding to the engine output signal is a period according to an engine speed, it is inputted into the exhaust pipe circuit which simulated the exhaust pipe, and an exhaust-sound signal can be generated. For this reason, the engine exhaust sound to which the period of an exhaust-sound signal and the wave were changed is compoundable in the condition near the exhaust air behavior of an actual engine with actuation of an accelerator handler. Therefore, compounded engine exhaust sound can be made now into a high engine exhaust sound of presence.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the outline configuration of the synthesizer unit of the engine exhaust sound of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing an example of the configuration of an exhaust air wave generation means.

[Drawing 3] It is drawing showing the structure of an exhaust pipe model.

[Drawing 4] It is drawing showing an example of the configuration of an exhaust pipe circuit.

[Drawing 5] It is drawing showing other examples of the configuration of the junction in an exhaust pipe circuit.

[Drawing 6] It is drawing showing other examples of the configuration of an exhaust air wave generation means.

[Drawing 7] It is drawing showing other examples of a configuration of an engine-speed generation means.

[Description of Notations]

1 Exhaust Air Wave Generation Means, 2 Exhaust Pipe Circuit, 3 Accelerator Handler, 21 Nonlinear Circuit, 22 Exhaust Air Wave Storage Means, 23 Filter, 24 Multipliers, 30 Engine-Speed Generation Means, 40 Topology Generation Means

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

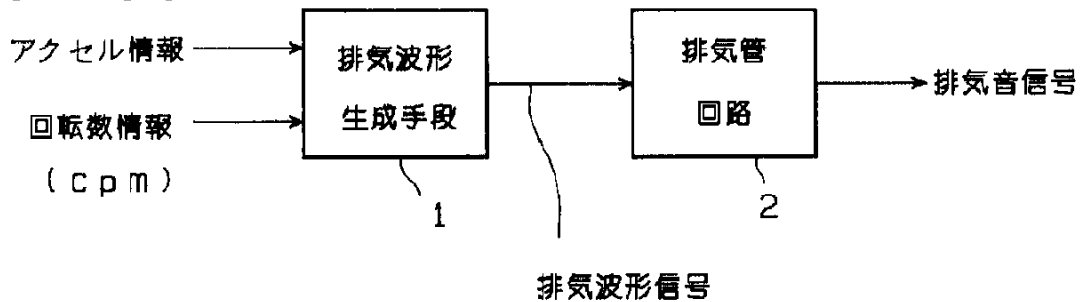
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

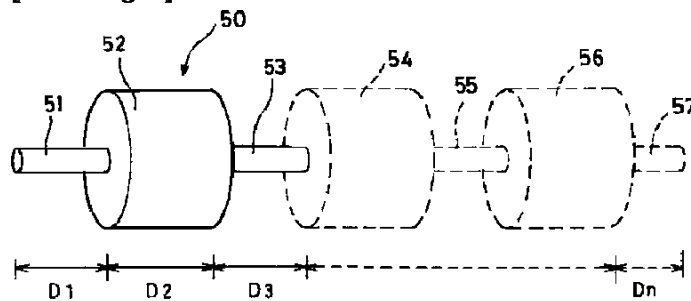
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

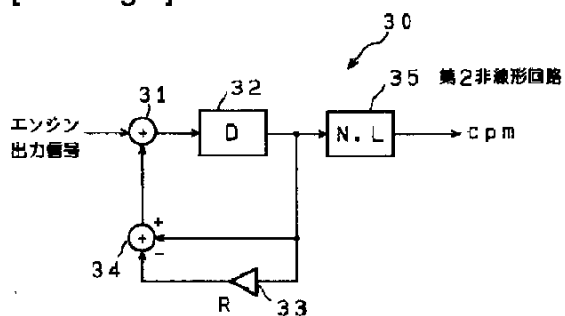
[Drawing 1]



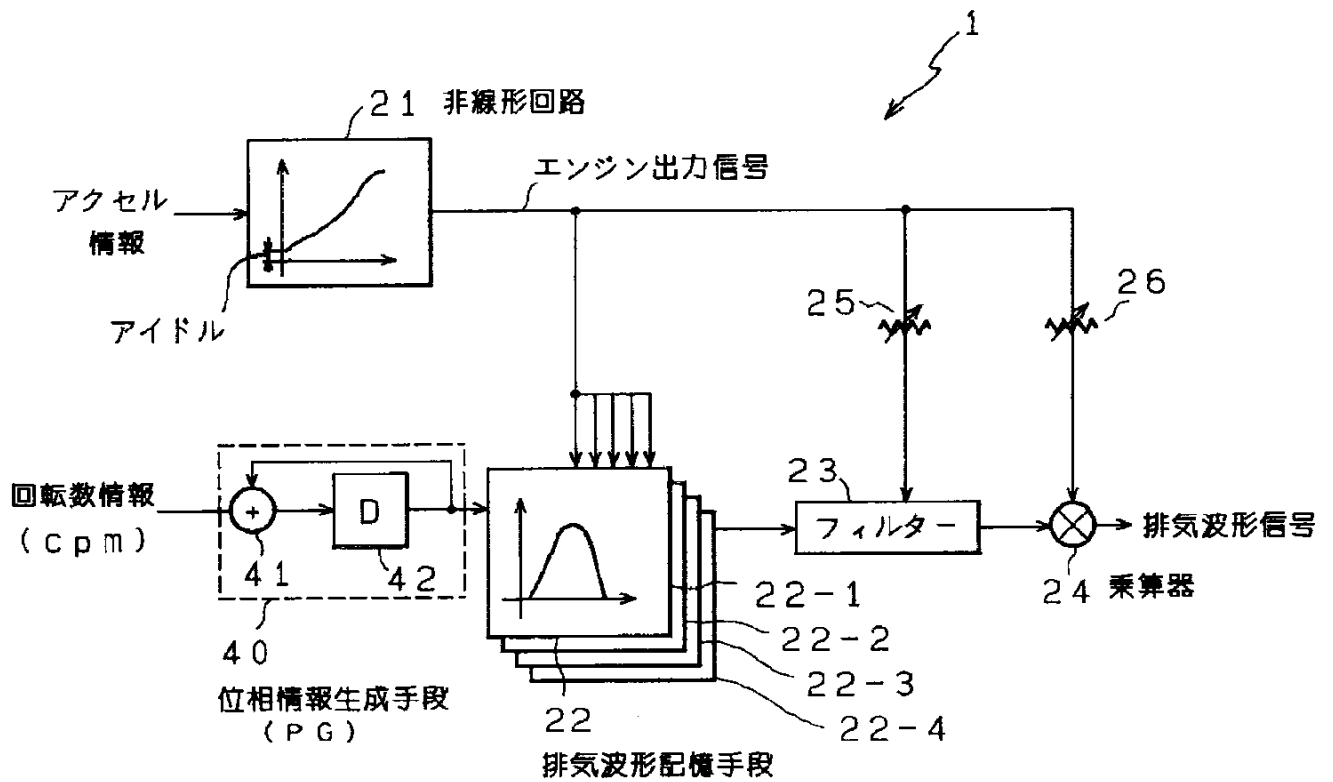
[Drawing 3]



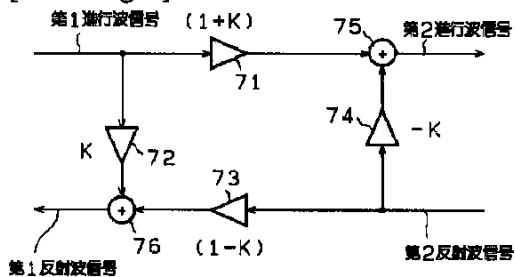
[Drawing 7]



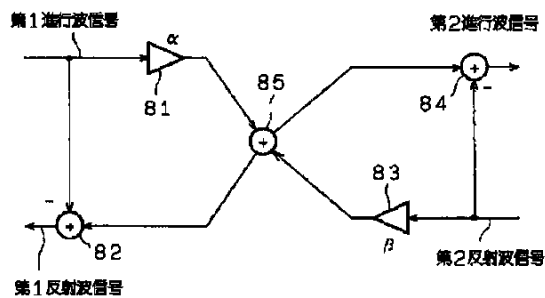
[Drawing 2]



[Drawing 5]

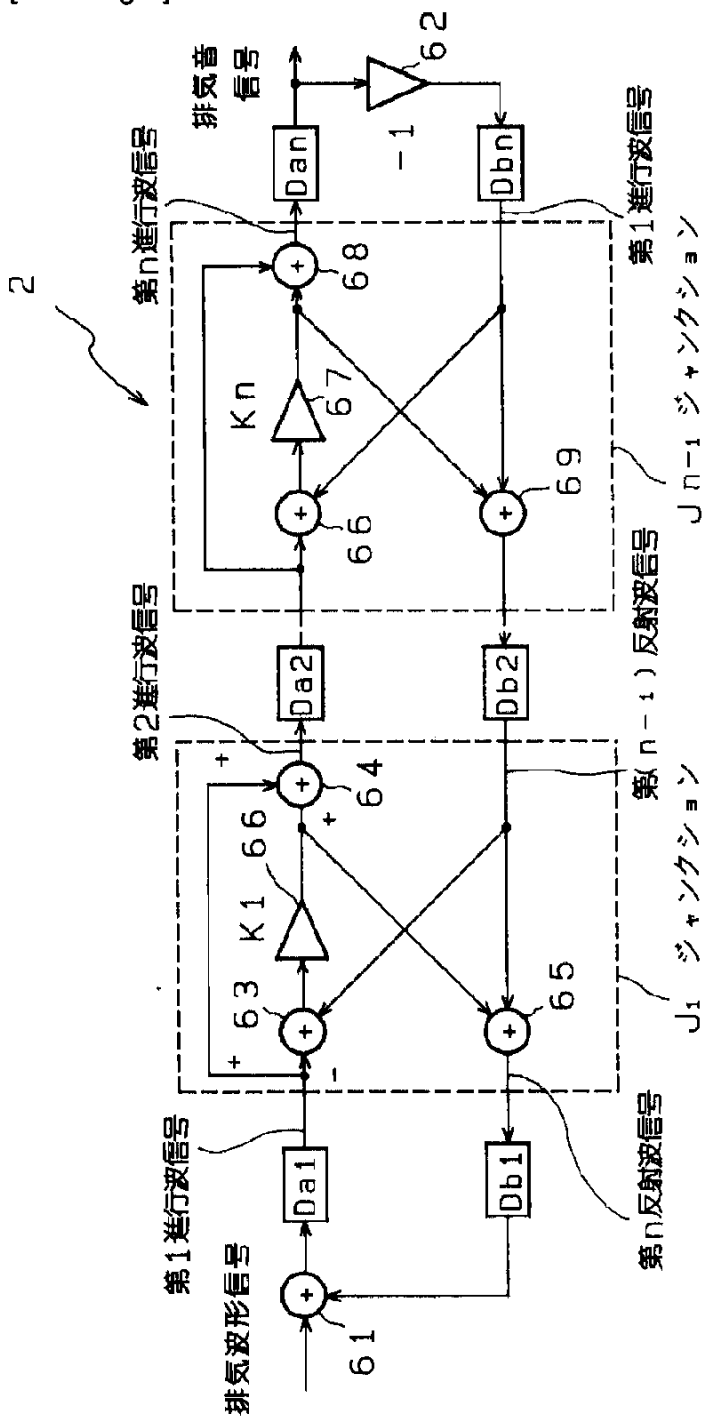


(a)

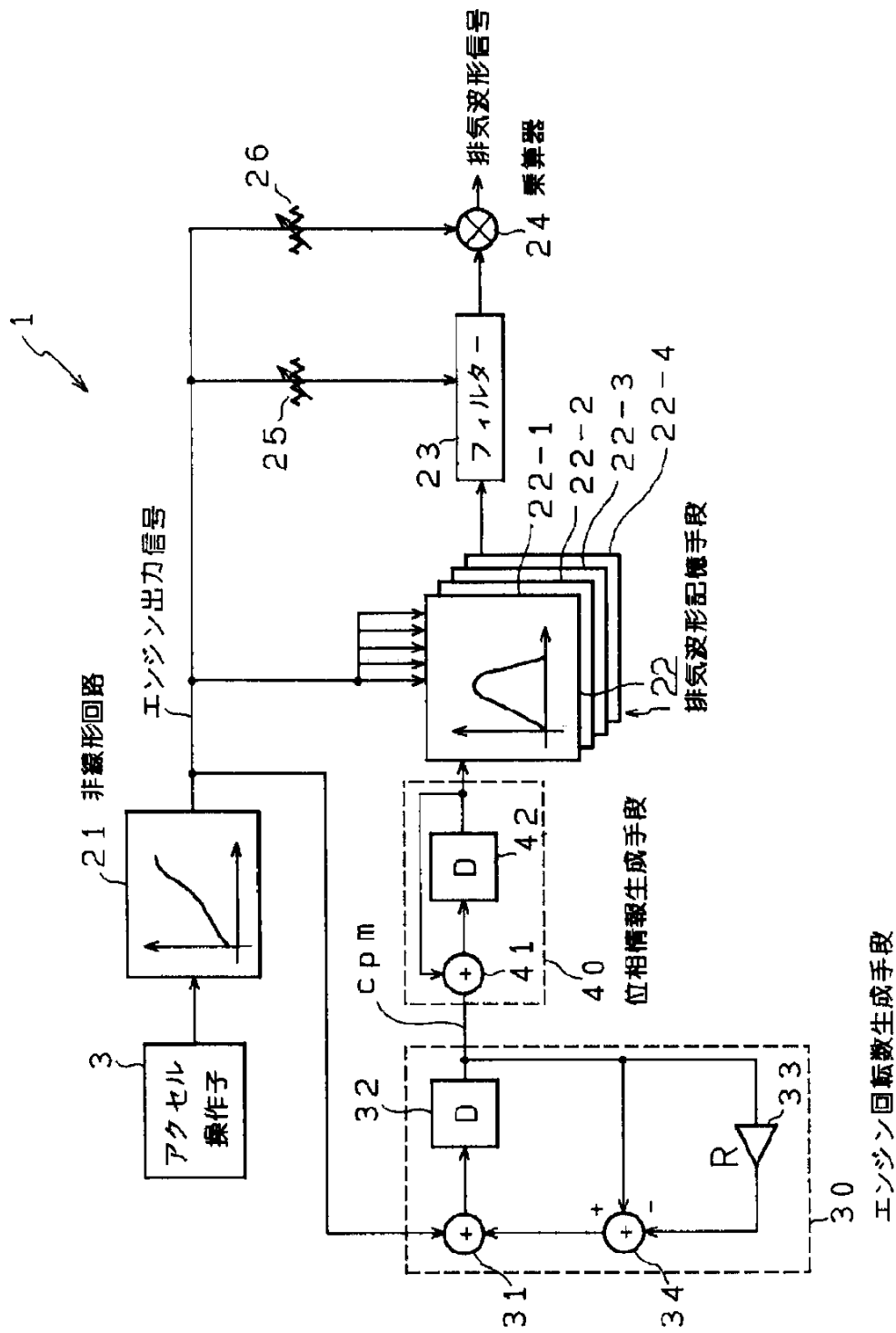


(b)

[Drawing 4]



[Drawing 6]



[Translation done.]